

住友金属（鉄鋼元素循環工学）共同研究講座

大阪大学大学院工学研究科
マテリアル生産科学専攻
住友金属共同研究講座

山 本 高 郁
香 本 将 太
中 本 将 嗣

1 はじめに

現在、高級鋼を中心に我が国の鉄鋼技術は極めて高い国際競争力を有しています。しかしながら、一方で発展途上国における鉄鋼消費と生産能力の急速な拡大、国際的な再編成による鉄鋼原料の寡占化や巨大鉄鋼メーカーの出現など、鉄鋼を取り巻く資源環境が著しく変化しており、資源小国たる我が国の国際競争力を維持するためには、鉄鋼生産において必要とされる原料や副生成物をより高い効率で利用する技術を開発していくことが求められています。

住友金属工業と大阪大学は、住友金属工業の総合技術研究所の基本戦略「外部研究資源活用の強化」の一環である産学連携強化として、2003年7月に「研究連携の推進に関する協定書」を締結し、幅広い分野での連携施策を実施し、鉄鋼関連技術の進展に尽力してまいりました。それらの成果を踏まえ、大学と企業とが共同でニーズ、シーズを創出し鉄鋼業界全体の発展に繋げていくというコンセプトを基に2007年4月に従来の共同研究から一歩進んだ研究組織“住友金属（鉄鋼元素循環工学）共同研究講座”を設置しました。共同研究講座では大学が有する高度な学問分野と住友金属工業が培ってきた大型中核技術への展開に必要なプロセス技術、さらには社会的需要に対する展開性に関わる知見を融合することにより、高度な技術開発ならびに新たな学問体系の確立、また、さらにはそれらの素養を身につけた人材の育成を推進することを目指しています。

ここでは共同研究講座で取り組んでいる研究テーマ（アーバンマイン（都市鉱山）の探索）と共に住友金属（鉄鋼元素循環工学）共同研究講座での人材育成活動について紹介します。

2. アーバンマイン（都市鉱山）の探索

鉄スクラップ利用製鉄は、高炉法による鉄鉱石からの製鉄に比して、還元熱が不要で、その省エネ効果は

約70%にも及び、日本の製造業のCO₂総発生量の約1/3を占める鉄鋼業にとって、社会・経済に大きく貢献できる未来分野であります。日本国内での鉄スクラップの蓄積は年々増加しており、現在では12億トンに達し、2010年には6,000万トンを超える鉄スクラップが発生すると予想されています。しかしながら、鉄スクラップ中にはトランプエレメント（表1）と称される鉄以外の不純物成分（銅、錫、ニッケル、クロム、モリブデン等）が含まれるものが多く、我が国製鉄業が得意とする高級鋼材の原料としての使用が制約されています。そのため多くの鉄スクラップは、主に建築用棒鋼等の低級鋼の製造分野に利用されているのが現状であります。しかしながら、近年、海外に依存する鉄鋼原料である鉄鉱石・石炭等が、海外資源メジャーの寡占下で急騰しており、これらの資源に乏しい我が国にとって、国内に蓄積されている鉄スクラップ資源について、現在のような資源となりにくい状況の拡大を放置しておくことを見過ごすべきではありません。

同時に鉄資源以外の有用稀少金属資源についても高騰と枯渇の問題が現出し、上記の銅やクロムに加えて有用な金属（マンガン、バナジウム、ニッケル、タングステン、金、銀、ネオジム、ジスプロシウム等）が含まれている鉄スクラップを資源として再評価する必要があります。このように鉄スクラップは貴重な資源を含有する都市鉱山としての可能性を秘めています。現在、年間700万トン以上の鉄スクラップが輸出され、更にその輸出量が年々増加していることは憂慮すべき事態であります。

以上の観点から、我々は鉄スクラップの回生のみならず、銅などの有用な金属をリサイクルできるプロセスの確立を目的として、条件を整えることにより溶解した鉄と銅が2液相分離し、その2液相分離した鉄中及び銅中にそれぞれの有用な金属を濃縮する銅鉄2液相分離についてプロセス技術のシーズとしての検討を

表 1 鉄スクラップ中のトランプエレメント

成分	鉄からの除去の難易	鋼材への悪影響	スクラップへの蓄積度	緊急対応度
Cu	かなり困難	0.2%以上で熱間加工性に影響	0.1～0.5%	すぐに対策が必要
Sn	かなり困難	0.04%程度で熱間加工性に影響。 0.2%で冷間加工性や焼き戻し脆性に悪影響	0.005～0.016%	ブリッジのリサイクル次第では問題。 TFS化進めば緩和。
Ni	困難	鋼材を硬くするので薄板などでは問題	0.06～0.1%	将来は問題になる可能性がある。
Cr	低濃度域の除去難しい	冷間加工性に悪影響。 鋼材を硬くするので薄板などでは問題。	0.03～0.3%	将来は問題になる可能性がある。
Mo	特殊条件での蒸発	鋼材を硬くするので薄板などでは問題	0.02%程度	問題になるのはかなり先
Zn	加熱時に優先蒸発	BTCCなどの鋳込み時に白煙やスプラッシュなどの発生。	鋼中残留濃度は0.005%以下	問題は主としてダスト処理方法
Pb	加熱時に優先蒸発	0.01%以上で熱間加工性に悪影響		問題は主としてダスト処理方法
As	通常の方法ではかなり困難	0.03%で熱間加工性に悪影響。 0.025%で冷間加工性や焼き戻し脆性に悪影響。	実態が良く判っていない。	将来は問題になる可能性がある。
Sb		超微量元素で熱間加工性や焼き戻し脆性に悪影響。		
Bi		0.005%で熱間加工性に悪影響。		

進めています（図1）。同時に、トランプエレメントの混入を防ぐ社会システミック対策と技術的対策の探索、例えば自動車等の易再資源化の視点からの設計技術やトランプエレメントの資源としての有効利用の探索や枠組みを確立し、鉄鋼・非鉄金属の製品から回収、輸送に至る新たな社会リサイクルシステムを構築することで本取り組みが国家元素戦略策定の礎となることが大いに期待されます。また、微少成分の効率的除去

が困難であるため、我が国製鉄業が得意とする高級鋼に使用できなかった鉄鋼スクラップからトランプエレメントの効率的除去が可能となれば、国内で発生する鉄スクラップを輸出せず、国内での活用を拡大することが可能となります。つまり、低品質の鉄スクラップをもとに高級鋼（表面処理鋼板等）が製造できれば、省エネ、CO₂発生量削減とともに、我が国製鉄業の国際競争力の向上に大きく寄与することになります。

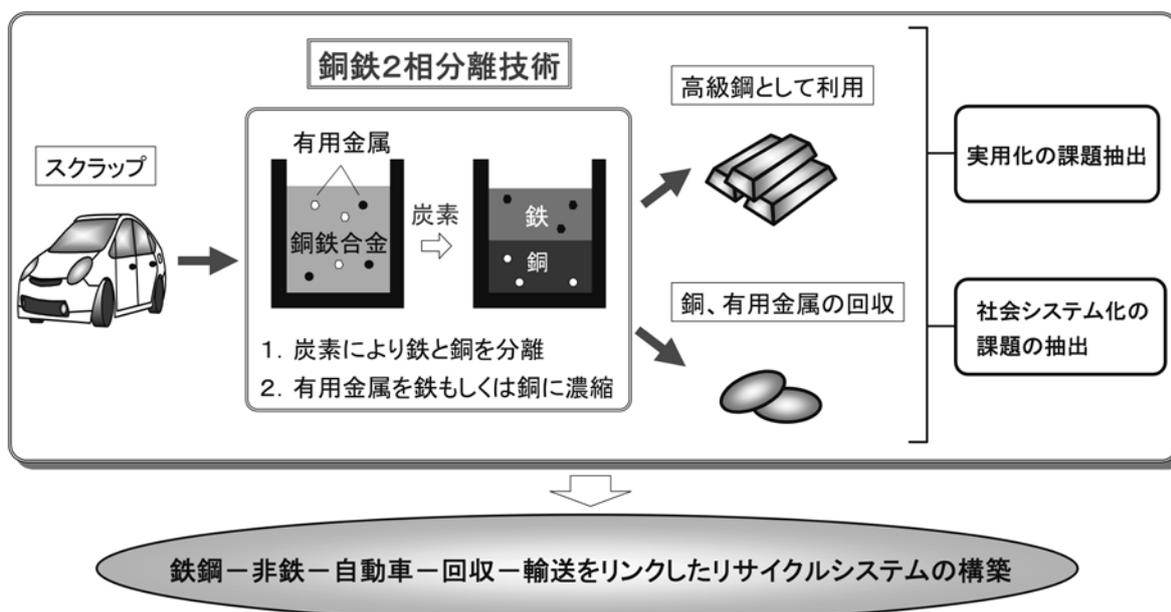


図1 銅鉄2相分離をシーズ技術とした資源循環の社会システム構築

本テーマは新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「エネルギー使用合理化技術戦略的開発」の委託研究で、省エネルギー技術の開発を目指した「難利用鉄スクラップの利用拡大のための先導的研究」プロジェクトとして採択されており、

①老廃鉄スクラップの有効活用の促進による CO₂ 排

出量削減

②銅鉄二相分離技術による鉄スクラップからのレアメタル（稀少金属）の回収

③関連業界と連携した資源循環システムの構築を柱として銅鉄2相分離プロセスの開発、実用化、社会リサイクルシステムの構築

を目指しています。

これまでの研究期間で研究室レベルでの基礎研究からスケールアップし、実証用小規模溶解炉（住友金属工業総合技術研究所設置）による2相分離の先導的試験まで展開するなど、共同研究講座の利点を最大限活かした柔軟かつ迅速な研究活動を進めることができます。

3. 住友金属（鉄鋼元素循環工学）共同研究講座の人材育成活動

共同研究講座では長期的な日本鉄鋼業の国際的競争力の強化を目指して、共同研究講座での研究テーマの活動を通じてのみならず様々な活動により人材育成に取り組んでいます。その一つとして主に学生を対象とした年10回程度開催している“i-TECHセミナー”があります。“i-TECHセミナー”では工程毎に鉄鋼プロセス研究の基礎を学習する機会を設けると共に、セミナーの一環として“『鉄鋼先端研究』集中セミナー”

(a) “『鉄鋼先端研究』集中セミナー”



と称し、住友金属工業の部長クラス以上を講師として、鉄鋼産業の動向から会社の実情、製鉄・製鋼・圧延・溶接などの鉄鋼メインプロセスに関する先端技術、及び、鉄鋼関連環境事業など広範囲にわたる講義を集中して実施するセミナーも開催しています。ここでは、現場の研究者の生の声を聞き、また、実際の研究者との議論を通じて、大学の講義などでは得られない鉄鋼研究の奥深さ、可能性を知ってもらい鉄鋼教育の充実を図っています。また、取り上げるテーマは鉄鋼業のみに止まらず非鉄金属精錬・リサイクル研究、環境リサイクル事業、地球温暖化問題などについて社内外、大学内外問わず様々な方面の方々に講演をしていただき、幅広い視点で社会あるいはその中での鉄鋼業を見る目を養えればと考えています。さらには、知的財産、安全といった研究周辺のテーマについてもセミナーの対象としており、将来的にいろいろな場面で活躍できる総合的な観点からの人材の育成に努めています。

(b) 安全教育



図2 i-TECHセミナー

4. 住友金属（鉄鋼元素循環工学）共同研究講座の概要

本共同研究講座は住友金属工業総合技術研究所の実際の製造プロセスでの工業技術や研究開発力、大阪大学の製造プロセスにおけるリサイクル等に関する基礎研究での学問的知識という得意分野を融合させて、“鉄鋼業に関連する希少金属資源リサイクルの基盤技術の構築”をテーマに長期的な視点で研究、人材育成を推進していくことを目的に設立されました。大阪大学大学院工学研究科からマテリアル生産科学専攻 界面制御工学領域の田中敏宏教授・吉川健助教・電気電子情報工学電気電子システム工学部門(先進電磁エネルギー

工学講座高エネルギー密度工学領域)の兒玉了祐教授、尾崎典雅助教を兼任教員として迎え、住友金属工業からは山本高郁招聘教授・香月太招聘准教授・中本将嗣特任助教の体制で、大阪大学吹田キャンパス内F2棟3Fに居を構えています。今後も共同研究講座としてできることを常に模索しながら、研究活動ならびに人材育成活動を進めていきたいと思っております。

山本高郁（学界）

香月 太（学界）

中本将嗣（材料開発 平成12年卒 マテ応用 14年前期 16年後期）